





DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:  
— 國際調査報告書

(84) 指定国(広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

---

(57) 要約:

エッティングチャンバー 1 の内部には、下部電極 4 上に設けられた半導体ウエハ W の周囲を囲むようにフォーカスリング 9 が設けられている。また、このフォーカスリング 9 の電位を制御するための電位制御用直流電源 33 が設けられており、下部電極 4 に例えば、-400~-600 V の直流電圧を供給して、フォーカスリング 9 の電位を制御可能に構成されている。これによって、被処理基板の表面にアーキングが発生することを防止する。

## 明細書

## プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法

## 5 技術分野

本発明は、プラズマによって、半導体ウエハ等の被処理基板の処理を行うプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法に関する。

## 背景技術

10 従来から、プラズマによって、半導体ウエハ等の被処理基板の処理を行うプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法が多用されている。例えば、半導体装置の製造工程においては、被処理基板、例えば半導体ウエハに、微細な電気回路を形成するための技術として、半導体ウエハ上に形成された薄膜等を、プラズマを用いてエッチングし除去するエッチング装置  
15 が多用されている。

かかるエッチング装置では、例えば、内部を気密に閉塞可能に構成された処理チャンバー（エッチングチャンバー）内でプラズマを発生させるようになっている。そして、このエッチングチャンバー内に設けたサセプタ上に半導体ウエハを載置して、エッチングを行う。

20 また、上記プラズマを発生させる手段については、種々のタイプが知られている。そのうち、上下に対向するように設けられた一対の平行平板電極に高周波電力を供給してプラズマを発生させるタイプの装置では、平行平板電極のうちの一方、例えば、下部電極がサセプタを兼ねている。そして、この下部電極上に半導体ウエハを配置し、平行平板電極間に高  
25 周波電圧を印加してプラズマを発生させ、エッチングを行う。

また、かかるエッチング装置では、半導体ウエハの周囲を囲むように、

リング状に形成されたフォーカスリングを配置し、このフォーカスリングによって、プラズマを半導体ウェハの表面に集中（フォーカス）させるよう構成されたものがある。

図19は、上記のようにフォーカスリングを有するエッティング装置の要部断面構成を模式的に示すもので、同図に示すように、サセプタを兼ねる下部電極150の上面には、静電チャック151が設けられている。この静電チャック151は、樹脂あるいはセラミックス等からなる誘電体層151aと、この誘電体層151a内に埋設された平板状の静電チャック用電極151bとから構成されている。

半導体ウェハWは、上記静電チャック151上に吸着保持されるようになっており、この静電チャック151上に吸着保持された半導体ウェハWの周囲を囲むように、フォーカスリング152が設けられている。なお、同図において153は、絶縁部材である。

しかしながら、このような従来のエッティング装置では、エッティング中に、プラズマの作用によって、半導体ウェハWの電位と、フォーカスリング152の電位との間にかなりの電位差が生じ、かかる電位差によって、半導体ウェハWの表面とフォーカスリング152との間で異常放電が生じる所謂表面アーキングが生じることがある。

上記表面アーキングは、例えば、導体層の上に絶縁体層が形成され、かかる絶縁体層をエッティングするような場合、例えば、シリコン酸化膜からなる絶縁体層をエッティングして、下層のメタル層からなる導体層に通じるコンタクトホールを形成する場合等に、エッティングによって膜厚が減少したシリコン酸化膜を破壊して、下層のメタル層とフォーカスリングとの間等で生じる場合が多い。

そして、かかる異常放電が生じると、半導体ウェハ中のシリコン酸化膜の多くの部分が破壊されてしまうため、その半導体ウェハの大部分の

素子が不良となってしまう。また、これとともに、エッティングチャンバー内に金属汚染が生じ、そのまま続けてエッティング処理を行うことができず、エッティングチャンバー内のクリーニングが必要となる。このため、生産性が著しく低下してしまうという問題があった。

5 なお、上述した半導体ウエハと、フォーカスリングとの電位差を測定するため、表面に、下地層（絶縁層）と、この下地層上に形成されたメタル層と、このメタル層の上に絶縁層であるシリコン酸化膜層が形成された半導体ウエハを使用し、エッティングガスとして、C<sub>4</sub> F<sub>8</sub>（流量10 sccm）、CO（流量50 sccm）、Ar（流量200 sccm）、O<sub>2</sub>（流量5 sccm）の混合ガスを使用し、圧力5.99 Pa（45 mTorr）、高周波電力1500 Wの条件で、シリコン酸化膜層をエッティングし、コンタクトホールを形成するエッティング工程を行った。このエッティング工程における半導体ウエハとフォーカスリングとの電位差を測定したところ、30～40 V程度あることが判明した。

15 このような電位差では、表面アーキングが発生する確率は、低いものの、例えば、半導体ウエハが下部電極に対して偏心して配置され、半導体ウエハの周縁部とフォーカスリングとの間隔が、局所的に近接して配置された場合や、何らかの原因によって、プラズマに偏りが生じた場合等の幾つかの他の要因により、表面アーキングが発生することがある。

20 そして、前述したとおり、一旦表面アーキングが発生するとエッティングチャンバー内のクリーニング等を行わなければならないため、かかる表面アーキングの発生を、完全に防止することが望まれる。

また、プラズマ処理装置では、半導体ウエハ等にプラズマを作用させてエッティングなどの処理を行うことから、半導体ウエハ等の温度が不所望に上昇する可能性があり、このため、エッティング処理中の半導体ウエハ等を冷却するための温度制御機構を備えたものが多い。

図20は、このような温度制御機構を備えた平行平板型のエッティング装置の要部を拡大して示すもので、同図に示すように、半導体ウエハWは、下部電極（サセプタ）200上に載置され、図示しない上部電極との間に印加される高周波電力等によって生起されたプラズマによりエッティング処理される。

この下部電極200上には、半導体ウエハWを吸着保持するための静電チャック8が設けられており、静電チャック用電極8bに高圧直流電圧を印加することによって、クーロン力またはジョンソンラーベック力で半導体ウエハWを吸着する。

また、下部電極200内には、冷却用の冷媒を循環させるための冷媒流路210が形成され、下部電極200を所定温度に冷却可能とされている。さらに、この下部電極200には、Heガス等の冷却用ガスを供給するためのガス流路220が形成されている。このガス流路220は、半導体ウエハWとの熱交換が効率良く行われ、半導体ウエハWを効率良く、かつ、精度良く温度制御するために、半導体ウエハWの裏面と下部電極200（静電チャック8）との間にHeガス等の冷却用ガスを供給するものである。

なお、半導体ウエハWの中央部と外周部とで、供給する冷却用ガスの圧力を変更可能とするため、上記のガス流路220は、外周部用ガス流路220aと、中央部用ガス流路220bの2系統設けられている。

上記下部電極200は、表面に陽極酸化処理（アルマイト処理）を施されたアルミニウム等の金属によって全体が略円板状になるよう形成されており、内部に上述した冷媒流路210及びガス流路220を設けるために、上部プレート201と、中間プレート202と、下部プレート203の3つの部材（いずれも略円板状に形成されている。）を接合して構成されている。そして、冷媒流路210は、中間プレート202の

下面側から穿設された溝の開口部を下部プレート 203 によって閉塞することによって構成されている。

一方、ガス流路 220 は、下部電極 200 内に形成されたガス溜め部 221 と、このガス溜め部 221 に載置台 200 の下方からガスを導入するためのガス導入用円孔部 222 と、ガス溜め部 221 から半導体ウエハ W の裏面にガスを供給するための複数のガス供給用細孔部 223 とから構成されている。そして、上記のガス溜め部 221 は、上部プレート 201 の下面側から穿設された溝の開口部を中間プレート 202 によって閉塞することによって構成されている。

10 上記構成のエッチング装置では、冷媒流路 210 内に循環される冷媒によって、下部電極 200 が所定温度に温度制御される。そして、ガス導入用円孔部 222 から一旦ガス溜め部 221 内に溜められ、このガス溜め部 221 からガス供給用細孔部 223 を通って半導体ウエハ W の裏面に供給される冷却用のガスの作用によって半導体ウエハ W を効率良く、  
15 かつ、精度良く温度制御することができるようになっている。

しかしながら、本発明者等が詳査したところ、図 20 に示した構成のエッチング装置では、ガス供給用細孔部 223 を介して、半導体ウエハ W の裏面とガス溜め部 221 の底部等との間で、異常放電が発生することが見出だされた。

20 そして、このように、半導体ウエハ W の裏面側で放電が生じると、かかる放電によって各部材が損傷を受けるとともに、この放電が原因となって、半導体ウエハ W の表面に表面アーキングが発生することがある。すなわち、半導体ウエハ W の裏面側で生じた放電によって、半導体ウエハ W の内部の層間絶縁膜が絶縁破壊を起こし、この絶縁破壊を起こした部分に対してプラズマ等からの雷状の放電（表面アーキング）が発生する場合がある。

## 発明の開示

そこで、本発明の目的は、被処理基板に生じる不所望な放電の発生を防止して、従来に較べて生産性の向上を図ることのできるプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法を提供することにある。

本発明のプラズマ処理装置は、内部でプラズマを発生させる処理チャンバーと、前記処理チャンバー内に設けられ、被処理基板が載置されるサセプタと、前記サセプタの内部に昇降自在に配置され、前記被処理基板を前記サセプタの上方に支持する基板支持部材と、前記基板支持部材の頂部と前記被処理基板の裏面との間の圧力と距離、及び前記被処理基板表面の電圧のうちの少なくともいずれか一つを制御して、異常放電の発生を防止する制御部と、を有することを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記サセプタの周囲に前記被処理基板の回りを囲むように配置されたフォーカスリングと、前記プラズマによる前記被処理基板のプラズマ処理中に、前記フォーカスリングの電位を制御する直流電圧印加装置と、を有することを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記直流電圧印加装置が、前記サセプタを介して前記フォーカスリングに直流電圧を印加することを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記フォーカスリングが、シリコン、炭化珪素、二酸化珪素のいずれかから構成されることを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記サセプタに、前記被処理基板表面の電位に応じた直流電圧を印加する直流電圧印加装置を備えたことを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記処理チャンバー内の電極に

印加する高周波電力値と、前記高周波電力を印加した際の前記被処理基板表面の電位との関係に関するテーブルデータを有し、前記テーブルデータに基づいて、前記被処理基板表面の電位に応じた直流電圧を印加することを特徴とする。

5 また、本発明のプラズマ処理装置は、前記サセプタと接地電位との間を抵抗を介して接続し、前記サセプタに印加した直流電圧に起因する直流電流をグランドに流すことを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記サセプタの内部に形成され、前記サセプタの載置面に冷却用ガスを供給するためのガス溜め部を有し、  
10 前記制御部は、前記処理チャンバー内の電極に印加する高周波電力による電圧と、前記ガス溜め部の底部と前記被処理基板の裏面との間の圧力のうち少なくともいずれか一つを制御して、異常放電の発生を防止することを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記ガス溜め部の底部と、前記被処理基板の裏面との間の距離が、10mm以上であることを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記サセプタの内部に形成され、冷媒を循環させるための冷媒流路と、前記サセプタの内部であって前記冷媒流路より下側に形成されたガス溜め部と、前記ガス溜め部から前記サセプタの載置面に冷却ガスを供給するためのガス供給用細孔部と、前記ガス溜め部に冷却用ガスを導入するためのガス導入部とを有する冷却用ガス流路と、を有することを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記サセプタの載置面に、前記ガス供給用細孔部に対応して冷却用ガスを拡散させるための複数の細溝が設けられていることを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記細溝の深さが、1mm以下

であることを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理装置は、内部でプラズマを発生させる処理チャンバーと、前記処理チャンバー内に設けられ、被処理基板が載置されるサセプタと、前記サセプタの周囲に、前記被処理基板の回りを囲むように配置されたフォーカスリングと、前記プラズマによる前記被処理基板のプラズマ処理中に、前記フォーカスリングの電位を制御する直流電圧印加装置とを具備したことを特徴とする。  
5

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記直流電圧印加装置が、前記サセプタを介して前記フォーカスリングに直流電圧を印加することを特徴とする。  
10

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記フォーカスリングが、シリコン、炭化ケイ素、二酸化ケイ素のいずれかから構成されたことを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理装置は、内部でプラズマを発生させる処理チャンバーと、前記処理チャンバー内に設けられ、被処理基板が載置されるサセプタと、前記サセプタに、前記被処理基板表面の電位に応じた直流電圧を印加する直流電圧印加装置とを具備したことを特徴とする。  
15

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記処理チャンバー内の電極に印加する高周波電力値と、前記高周波電力を印加した際の前記被処理基板表面の電位との関係に関するテーブルデータを有し、前記テーブルデータに基づいて、前記被処理基板表面の電位に応じた直流電圧を印加することを特徴とする。  
20

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記サセプタと接地電位との間を抵抗を介して接続し、前記サセプタに印加した直流電圧に起因する直流電流をグランドに流すことを特徴とする。  
25

また、本発明のプラズマ処理装置は、被処理基板を収容してプラズマ

処理するための処理チャンバーと、前記処理チャンバー内に設けられ、前記被処理基板が載置される電極を兼ねたサセプタと、前記サセプタの内部に形成され、冷媒を循環させるための冷媒流路と、前記サセプタの内部であって前記冷媒流路より下側に形成されたガス溜め部と、前記ガス溜め部から前記サセプタの載置面に冷却用ガスを供給するためのガス供給用細孔部と、前記ガス溜め部に冷却用ガスを導入するためのガス導入部を有する冷却用ガス流路とを具備したことを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記サセプタの載置面に、前記ガス供給用細孔部に対応して冷却用ガスを拡散させるための複数の細溝が設けられていることを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記細溝の深さが1mm以下とされていることを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記サセプタの載置面と前記ガス溜め部の底部との間が、10mm以上離間するよう構成されていることを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理装置は、内部でプラズマを発生させる処理チャンバーと、前記処理チャンバー内に設けられ、被処理基板が載置されるサセプタと、前記サセプタの周囲に、前記被処理基板の回りを囲むように配置されたフォーカスリングとを具備したプラズマ処理装置において、前記フォーカスリングが、少なくとも、前記プラズマ側に露出面を有する第1のリング部材と、前記第1のリング部材と微少間隔を設け、かつ、前記第1のリング部材より前記プラズマから離間された位置に設けられた第2のリング部材とを具備したことを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記第1のリング部材が載置される第3のリング部材であって、前記第1のリング部材とその下方に配設された前記第2のリング部材との間に微少間隔を維持するよう構成さ

れた第3のリング部材を具備したことを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記第3のリング部材が、前記第2のリング部材の外周側に設けられたことを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記第1のリング部材と前記第5のリング部材が、導電性部材から構成されたことを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理装置は、前記第3のリング部材が、絶縁性部材から構成されたことを特徴とする。

また、本発明のプラズマ処理方法は、処理チャンバー内でプラズマを発生させ、前記処理チャンバー内に設けられたサセプタに載置された被処理基板をプラズマ処理するプラズマ処理方法において、前記サセプタの内部に昇降自在に配置され、前記被処理基板を前記サセプタの上方に支持する基板支持部材の頂部と、前記被処理基板の裏面との間の圧力と距離、及び前記被処理基板表面の電圧のうちの少なくともいずれか一つを制御して、異常放電の発生を防止することを特徴とする。

15

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の実施形態に係るプラズマエッチング装置の全体の概略構成を模式的に示す図。

図2は、図1の装置の要部を拡大して模式的に示す図。

20 図3は、電位制御用直流電源による電圧印加部分の回路構成を示す図。

図4は、図1の装置の要部を拡大して模式的に示す図。

図5は、半導体ウェハ内の各部の電位を示す図。

図6は、放電が生じた際の半導体ウェハ内の各部の電位を示す図。

図7は、サセプタ電位モニタの構成を示す図。

25 図8は、サセプタ電位モニタによる測定結果を示す図。

図9は、高周波電力とウェハ表面の電位との関係を示す図。

図10は、他の実施形態に係るプラズマエッティング装置の要部を拡大して模式的に示す図。

図11は、他の実施形態に係るプラズマエッティング装置の要部を拡大して模式的に示す図。

5 図12は、図11のプラズマエッティング装置の要部構成を模式的に示す図。

図13は、パッシェンカーブを説明するための図。

図14は、図11のプラズマエッティング装置の要部を拡大して模式的に示す図。

10 図15は、他の実施形態に係るプラズマエッティング装置の全体の概略構成を模式的に示す図。

図16は、図15のプラズマエッティング装置の要部を拡大して模式的に示す図。

15 図17は、他の実施形態に係るプラズマエッティング装置の要部を拡大して模式的に示す図。

図18は、図17のプラズマエッティング装置の要部構成を模式的に示す図。

図19は、従来のプラズマ処理装置の要部を拡大して模式的に示す図。

図20は、従来のプラズマ処理装置の要部を拡大して模式的に示す図。

20

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の詳細を図面を参照して実施形態について説明する。

図1は、本発明の第1の実施形態に係るダイポール型のマグнетロンプラズマエッティング装置の全体の概略構成を模式的に示すもので、図において1は、エッティングチャンバー（処理チャンバー）を示している。

上記エッティングチャンバー1は、アルミニウム等から円筒状に形成され、

内部を気密に閉塞可能に構成されている。エッティングチャンバー1の底部には、図示しない真空ポンプに接続された排気配管2が設けられ、エッティングチャンバー1内を所定の真空度まで排気可能に構成されている。

5 また、エッティングチャンバー1の天井部には、下方を向くように上部電極3が設けられている。一方、エッティングチャンバー1の底部には、この上部電極3に対向するように、下部電極4が設けられている。

上記上部電極3は、内部が中空構造とされた円板状に形成されており、その下面側には、多数のガス供給孔3aが設けられ、所謂シャワーヘッドを構成している。この上部電極3は、グランド電位に接地されている。この上部電極3の上記した中空部に連通するように、ガス導入管5が接続されている。そして、図示しないエッティングガス供給源から供給されたエッティングガスを、このガス導入管5によって、上部電極3内の中空部分に導入し、この中空部分から、ガス供給孔3aを介して、エッティングチャンバー1内に、均一に分散させて供給する。

また、上記下部電極4は、エッティングチャンバー1の底部に設けられたセラミックス等からなる絶縁板6の上に設けられている。下部電極4は、導電性材料、例えばアルミニウム等から構成されている。また、下部電極4には、温調媒体導入管7a、温調媒体排出管7b、及び温調媒体流路7cからなる温調媒体循環機構が設けられており、半導体ウェハWを所望の温度に温調することができるよう構成されている。

さらに、下部電極4の上面には、静電チャック8が設けられており、この静電チャック8によって、半導体ウェハWを下部電極4の上面に吸着保持するよう構成されている。すなわち、半導体ウェハWは、実質的に下部電極4上に載置されるようになっており、この下部電極4が、所謂サセプタを兼ねる構成とされている。

また、上記静電チャック 8 に吸着保持された半導体ウェハ W の周囲を囲むように、シリコン (Si) 、炭化ケイ素 (SiC) 、二酸化ケイ素 (SiO<sub>2</sub>) 等からなり、リング状に形成されたフォーカスリング 9 が設けられている。さらに、下部電極 4 の周囲を囲むように、石英等からなる絶縁部材 10 が設けられている。  
5 なる絶縁部材 10 が設けられている。

一方、上述したエッチングチャンバー 1 の側壁の外側部分には、リング状に多数の永久磁石を配列して構成されたダイポール型永久磁石群 20 が設けられている。このダイポール型永久磁石群 20 は、図示しない回転駆動手段により、その周方向に例えば、20 回／分の回転速度で回  
10 転可能に構成されている。

また、上述した静電チャック 8 には、例えば 2.4 KV 等の高圧の直流電圧を印加する静電チャック用電源 30 が接続されており、下部電極 4 には、マッチング回路 31 を介して、高周波電源 32 が接続されている。

15 さらに、本実施の形態では、フォーカスリング 9 の電位を制御するための電位制御用直流電源（直流電圧印加装置） 33 が設けられており、この電位制御用直流電源 33 によって、下部電極 4 に直流電圧を供給し、フォーカスリング 9 の電位を制御可能とされている。この、フォーカスリング 9 の電位の制御は、例えば、フォーカスリング 9 と半導体ウェハ  
20 W の電位との電位差が小さくなるように行われる。

図 2 は、上述した装置のフォーカスリング 9 付近の要部の構成を拡大して模式的に示すものである。同図に示すように、フォーカスリング 9 は、アルミニウム等からなる下部電極 4 の周縁部、及び、その周囲に設けられた絶縁部材 10 上に載置されるように設けられている。

25 また、下部電極 4 の上面に設けられた静電チャック 8 は、樹脂あるいはセラミックス等からなる誘電体層 8a と、この誘電体層 8a 内に埋設

された平板状の静電チャック用電極 8 b とから構成されている。

そして、前述した電位制御用直流電源 3 3 からの直流電圧は、下部電極 4 に印加されるようになっている。この下部電極 4 に、例えば、-400~-600 V の直流電圧を印加することによって、フォーカスリング 9 の電位を、半導体ウェハ W の電位との電位差が小さくなるよう制御 5 できる。

図 3 は、上記電位制御用直流電源 3 3 による電圧印加部分の回路構成を示すものである。本実施形態においては、高周波電源 3 2 から下部電極 4 に印加される高周波電力のマッチングをとるマッチング回路 3 1 の 10 出力部分に、抵抗 R を介して電位制御用直流電源 3 3 が接続された構成となっている。なお、上記構成に限定されるものではなく、電位制御用直流電源 3 3 の出力電圧が下部電極 4 に印加されるものであれば、その接続をどのようにしても良いことは、勿論である。

上記構成のダイポール型のマグнетロンプラズマエッティング装置では、 15 被処理基板としての半導体ウェハ W を、図示していないゲートバルブを開け、図示していないロードロック室を介して、エッティングチャンバー 1 内に搬入する。そして、半導体ウェハ W を静電チャック 8 上に載置して、静電チャック 8 により半導体ウェハ W を吸着保持する。

ゲートバルブを閉じた後、排気配管 2 から排気を行うとともに、ガス 20 導入管 5 からガス供給孔 3 a を介してエッティングチャンバー 1 内に所定のエッティングガスを導入し、高周波電源 3 2 から下部電極 4 に所定の高周波電力、例えば、周波数 13.56 MHz の高周波電力を供給し、エッティングガスをプラズマ化する。

これとともに、ダイポール型永久磁石群 2 0 を回転させ、プラズマに 25 磁場を作用させて均一化し、この均一化したプラズマによって、均一に半導体ウェハ W のエッティングを行う。

また、上記エッチングの際に、電位制御用直流電源 3 3 から下部電極 4 に直流電圧を印加することによって、フォーカスリング 9 の電位を制御し、これによって、フォーカスリング 9 と、半導体ウェハ W との間で、表面アーキングが発生することを防止する。

5 上記半導体ウェハ W として、表面に、下地層（絶縁層）と、この下地層上に形成されたメタル層と、このメタル層の上に絶縁層であるシリコン酸化膜層が形成された半導体ウェハ W を使用し、エッチングガスとして、C<sub>4</sub> F<sub>8</sub>（流量 10 sccm）、CO（流量 50 sccm）、Ar（流量 200 sccm）、O<sub>2</sub>（流量 5 sccm）の混合ガスを使用し、圧力 2.66 Pa（20 mTorr）、高周波電力 2400 W の条件で、上記半導体ウェハ W のシリコン酸化膜層をエッチングし、コンタクトホールを形成するエッチング工程を行った。

なお、上記のエッチング条件は、通常のエッチング条件（75 mTorr, 1500 W）より、圧力が低く、高周波電力が高く設定されており、表面 15 アーキングが発生しやすい条件である。

上記エッチングにおいて、電位制御用直流電源 3 3 からの直流電圧の印加を行わずにエッチングを行った場合、半導体ウェハ W とフォーカスリング 9 との電位差は、約 40 V となり、40 % の頻度（10 枚の半導体ウェハ W を処理する際に 4 枚の半導体ウェハ W）で表面アーキングが 20 発生した。

一方、この実施形態のエッチング工程において、電位制御用直流電源 3 3 から -500 V の直流電圧を印加しつつエッチングを行った場合、半導体ウェハ W とフォーカスリング 9 との電位差は、20 V 以下となり、表面アーキングの発生率は 0 % となった。

25 以上の結果から明らかなどおり、電位制御用直流電源 3 3 から直流電圧を印加することによって、半導体ウェハ W とフォーカスリング 9 との

電位差を減少させることができ、また、表面アーキングの発生を防止することができる。

なお、上記の例において、電位制御用直流電源 33 からの最適な印加電圧を調べるため、印加電圧を +3000~-3000V の間で変更してエッチングを行った。この結果、印加電圧を、-400~-600V の間とした場合に、最良の結果、つまり、半導体ウエハ W とフォーカスリング 9 との電位差が 20V 以下、表面アーキングの発生率が 0%、を得ることができた。

次に、本発明の第 2 の実施形態について説明する。

図 4 は、下部電極（サセプタ）4 及び半導体ウエハ W の断面構造を拡大して模式的に示すものである。同図に示すように、下部電極 4 には、半導体ウエハ W の裏面に冷却用のガス（ヘリウムガス等）を供給するためのガス流路 4a 等が設けられている。したがって、このガス流路 4a の部分には、静電チャック 8 が設けられていない。また、同様に、半導体ウエハ W を下部電極 4 上に支持するための支持部材（例えば、ピン）が設けられた部分にも、ピン等を配置するための孔が設けられており、この孔の部分には静電チャック 8 が設けられていない。

このため、上記ガス流路 4a などの上部に位置する半導体ウエハ W の部分は、下部に静電チャック 8（静電チャック用電極 8b）が設けられている半導体ウエハ W の部分とは、電気的に異なった状態となっている。

図 5 は、上記ガス流路 4a の上部に位置する半導体ウエハ W の部分の電位を模式的に示すものである。同図に示すように、半導体ウエハ W の表面は、プラズマの状態によって決まる一定の電位（Vdc）となっており、この電位（Vdc）は、通常の場合、例えば、-400V~-600V 程度である。

一方、下部電極 4 は、直流電圧を重畠しない場合、接地電位となって

いる。このため、半導体ウエハWの表面と下部電極4との間には、400V～600V程度の電位差があり、半導体ウエハWの各部の電位は、図中点線で示すような電位となる。

これに対して、下部電極4に直流電圧(HV)を重畠した場合、半導体ウエハWの表面と下部電極4との間の電位差は、図中実線で示すように低減され、半導体ウエハWの各部における電位差も低減される。このため、半導体ウエハW内の層間絶縁膜に加わる垂直方向の電位差も低減され、絶縁破壊が生じる可能性を大幅に低減することができる。

また、下部電極4に直流電圧を重畠しない場合、図6に実線で示すように、接地電位となっている下部電極4と半導体ウエハWの裏面との間(ガス流路4a(バックガス)の部分)に電位差が生じており、ここで放電が生じる可能性がある。

そして、上記のバックガスの部分で放電が生じると、図6に実線で示す半導体ウエハWの各部の電位が、バックガスの部分のインピーダンスが低下することによって、同図に点線で示すように変化し、半導体ウエハWの裏面と接地電位との電位差が低下する。

このため、半導体ウエハW内の層間絶縁膜にかかる垂直方向の電位差が大きくなり、絶縁破壊が起きる可能性が高くなる。

また、上記のような層間絶縁膜の絶縁破壊が起きなくとも、このような放電が生じると、下部電極4や半導体ウエハWが損傷を受ける。このため、かかる半導体ウエハWの裏面側で生じる放電も、防止することが必要となる。

このため、下部電極4には、プラズマの状態によって決まる半導体ウエハの表面電位( $V_{dc}$ )に応じた直流電圧を重畠することが好ましい。

また、上記のように下部電極4に直流電圧を重畠すると、図7に矢印で示すように、この重畠した直流電圧に起因して、下部電極4から半導体

ウエハWを横切って微量な直流電流が流れる。しかしながら、このように半導体ウエハWを横切って直流電流が流れるとき、半導体ウエハWの層間絶縁膜に損傷を与える可能性がある。

このため、抵抗R1、R2を介して接地電位に接続されたサセプタ電位モニタ34を設け、このサセプタ電位モニタ34を通じて、下部電極（サセプタ）4に重畠した直流電圧に起因する直流電流がグランドに流れるようにすることが好ましい。

このように、サセプタ電位モニタ34を通じて直流電流がグランドに流れるようにすることにより、半導体ウエハWを横切って直流電流が流れることを防止することができる。なお、抵抗R1としては、例えば5MΩ程度の抵抗値を持つ抵抗が使用され、抵抗R2としては、例えば20KΩ程度の抵抗値を持つ抵抗が使用される。

図8は、上記サセプタ電位モニタ34によって、下部電極4に加わっている電圧を測定した結果を示すもので、高周波電力を800Wから2350Wまで変化させ、下部電極4に重畠させる直流電圧を0Vから-1000Vまで変化させた場合について示している。

同図内に太線で仕切って示すように、太線より下の領域（左下側の領域）では、下部電極4に重畠している直流電圧値よりも大きな電圧値が測定された。したがって、この領域では、半導体ウエハWと下部電極4との間で、異常放電が生じているものと推測される。

一方、太線より上の領域では、下部電極4に重畠している直流電圧と同じ電圧値が測定された。したがって、この領域では、上記のような異常放電が生じていないものと推測される。

ただし、重畠する直流電圧が半導体ウエハW上の電位（Vdc）と比べてあまりにも大きいと、逆にまた異常放電が生じてしまう可能性がある。

図8により、高周波電力が高い場合は、下部電極4に重畠する直流電

圧も高める必要があることが分かる。また、高周波電力が 2350W までの場合は、-500V 程度の直流電圧を印加すれば良いことが分かる。

また、図 9 は、高周波電力と半導体ウエハの表面電位 (-V<sub>dc</sub>) との関係を測定した結果を示すグラフである。同図において、縦軸は表面電位 (-V<sub>dc</sub> (V)) 、横軸は高周波電力 (W) を示している。この図 9 に示されるとおり、高周波電力が大きくなると、半導体ウエハの表面電位 (-V<sub>dc</sub>) も大きくなる。

したがって、上記図 8、図 9 の結果から、半導体ウエハの表面電位 (-V<sub>dc</sub>) に応じた値の直流電圧を、下部電極（サセプタ）4 に重畠することによって、半導体ウエハ W と下部電極（サセプタ）4 との間の異常放電が防止でき、さらに、半導体ウエハ W の表面での表面アーキングを防止できることが分かる。

なお、高周波電力と半導体ウエハ W の表面電位 (-V<sub>dc</sub>) との関係を予めテーブルデータとして記憶しておき、高周波電力を印加する際に、15 そのテーブルデータに基づいて、下部電極 4 に重畠する直流電圧を決めるのが好まし形態である。

図 10 は、本発明の第 3 の実施形態に係るプラズマエッチング装置の要部の構成を拡大して模式的に示すものである。同図に示すように、フォーカスリング 41 は、アルミニウム等からなるサセプタを兼ねる下部電極 42 とアルミニウム等の導電金属からなるピン 43 により電気的に接続されて、下部電極 42 側の電荷がピン 43 を介してフォーカスリング 41 側に給電されている。なおピン 43 は、フォーカスリング 41 と下部電極 42 の対向面に穿設した盲孔に、各端を埋め込むことにより、フォーカスリング 41 と下部電極 42 とを電気的に接続している。

25 従来のプラズマエッチング装置では、フォーカスリング 41 と下部電極 42 間にはわずかな間隙が設けられていたが、本実施の形態では、ピ

ン43を介して下部電極42の電荷がフォーカスリング41側に供給されて、フォーカスリング41の電位が制御されるように作用している。

図10に示した第3の実施形態は、フォーカスリング41が下部電極42とピン43により電気的に接続されている点を除いて、図2等に示された第1の実施形態と同一構成であるので、図10に示された他の構成については図2と対応する部分に同一の符号を付して重複する説明は省略する。

なお、ピン43は、本実施形態ではアルミニウム(A1)で構成されているが、他の導電性の材料を用いても差し支えない。

この実施形態について、第1の実施形態におけると同一の条件で効果を測定したところ、ピン43がない従来の装置に比べて、半導体ウエハWとフォーカスリング41との電位差が減少し、表面アーキングの発生率も減少していることが認められた。

図11は、本発明の第4の実施形態に係るプラズマエッチング装置の要部構成を拡大して示すものである。同図に示すように、半導体ウエハWが載置される下部電極(サセプタ)4上には、半導体ウエハWを吸着保持するための静電チャック8が設けられている。この静電チャック8は、タンクステン等からなる静電チャック用電極8bを、例えば、A1<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等のセラミックス溶射膜等からなる誘電体層8a内に配置した構成とされている。そして、静電チャック用電極8bに高圧直流電圧を印加することによって、クーロン力またはジョンソンラーベック力で半導体ウエハWを吸着するようになっている。

また、下部電極4内には、冷却用の冷媒を循環させるための冷媒流路7cと、Heガス、Arガス、SF<sub>6</sub>ガス、Cl<sub>2</sub>ガス等の冷却用ガスを供給するためのガス流路120が形成されている。このガス流路120は、半導体ウエハWの中央部と外周部とで、供給する冷却用ガスの圧

力を変更可能とするため、外周部用ガス流路 120a と、中央部用ガス流路 120b の 2 系統設けられている。

上記下部電極 4 は、表面に陽極酸化処理（アルマイト処理）を施されたアルミニウム等の金属によって全体が略円板状になるよう形成されて 5 おり、上部プレート 101 と、中間プレート 102 と、下部プレート 103 の 3 つの部材（いずれも略円板状に形成されている。）を接合して構成されている。そして、冷媒流路 7c は、中間プレート 102 の上面側から穿設された溝の開口部を上部プレート 101 によって閉塞することによって構成されている。

一方、ガス流路 120 は、下部電極 4 内に形成されたガス溜め部 121 と、このガス溜め部 121 に下部電極 4 の下方からガスを導入するためのガス導入用円孔部 122 と、ガス溜め部 121 から半導体ウエハ W の裏面にガスを供給するための複数のガス供給用細孔部 123 とから構成されている。

上記ガス溜め部 121 は、下部プレート 103 の上面側から穿設された溝の開口部を中間プレート 102 によって閉塞することによって構成されており、このガス溜め部 121 と下部電極 4 の載置面とを連通するように、中間プレート 102 及び上部プレート 101 を通じて複数のガス供給用細孔部 123 が形成されている。

したがって、上記のガス溜め部 121 は、下部電極 4 内において冷媒流路 7c の下部に位置するように設けられている。

また、下部電極 4 の載置面には、上記のガス供給用細孔部 123 に対応して、冷却用ガスを拡散させるための複数の細溝 124 が形成されている。

なお、上述したガス供給用細孔部 123 には、バリが形成されないよう注意する必要がある。すなわち、ドリル等にてガス供給用の細孔をブ

レートの一端側より穿設する際に、プレートの端面側においてバリが発生する恐れがあるが、プレートの端面側に予め細孔と同等またはそれより大きい径の孔を形成しておくことにより、端面側にバリを形成することができないので、バリによる異常放電を防止することができる。

5 また、冷却用ガスが不必要に廻り込まないように、プレート等の接合部には、Oリングなどのシール部材が設けられ、充分なシール性を確保する目的で、そのシール面は、凹凸形状とされている。この凹凸形状のシール面は、アルマイドが付かない箇所において、異常放電が生じる恐れがあるので、このシール面の表面粗さ (Ra) は0.5以下とするの  
10 が好ましい。

また、タンクステンを溶射して静電チャック用電極8bを形成する際、ガス供給用細孔部123の側面やガス溜め部121の底面等に、タンクステンが付着してしまうが、予めガス供給用細孔部123やガス溜め部121等の内面にSiコーティングを施すことによって、付着したタン  
15 グステンを純水による超音波洗浄にて容易に除去することができる。

図12は、上記の細溝124の形成パターンの一例を示すもので、図12に示す例では、細溝124は同心状に合計9本形成されている。これら9本の細溝124のうち、最も外側に形成された1本の細溝124は前述した外周部用ガス流路120aに接続されている。また、残りの  
20 8本の細溝124は、径方向に形成された細溝124によって、2本ずつ連通された形状となっており、これらの細溝124は、中央部用ガス流路120bに接続されている。

なお、細溝124の形成パターンは、上記の例に限定されるものではなく、冷却用ガスが均一に半導体ウェハWの裏面に供給されるようなものであれば、どのようなものでも良い。

そして、本実施形態において、上記の細溝124の深さ(図中d1で

示す。) は 1 mm 以下、例えば約 100  $\mu\text{m}$  とされており、載置面とガス溜め部 121 の底部との距離 (図中 d2 で示す。) は、10 mm 以上、例えば約 25 mm とされている。これは以下の理由による。

すなわち、図 13 は、縦軸を放電開始電圧、横軸を距離  $\times$  圧力として、5 2 点間の放電開始電圧と距離  $\times$  圧力との関係を示すもので、これらの関係は、一般にパッシェンカーブと言われている V 字状の曲線で表される。そして、例えば 133 ~ 266 Pa 程度の圧力で He ガス等の冷却用ガスを流す場合、上記のパッシェンカーブの最下点となる距離は、数ミリ (例えば約 4 mm) となる。

10 このため、d1 を 1 mm 以下 (例えば約 100  $\mu\text{m}$ ) とし、d2 を 10 mm 以上 (例えば約 25 mm) とすることにより、これらの間で放電が生じ難い状態とすることができます。

上記構成の本実施形態では、冷媒流路 7c 内に循環される冷媒によって、下部電極 4 が所定温度に温度制御されるが、冷媒流路 7c が、図 2 15 0 に示した装置の場合より、下部電極 4 の載置面に近い位置に設けられているので、半導体ウェハ W の温度をより効率的にかつ精度良く制御することができる。

また、ガス導入用円孔部 122 からガス溜め部 121 内に導入され、ここに一旦溜められた冷却用ガスが、ガス溜め部 121 から各ガス供給 20 用細孔部 123 を通って半導体ウェハ W の裏面に供給され、かつ、この冷却用ガスは細溝 124 内を通って拡散することにより、半導体ウェハ W の裏面の広い範囲に渡って均一に供給される。このため、冷却用ガスの作用によって、半導体ウェハ W の温度をより効率的にかつ精度良く制御することができる。

25 また、前述したとおり、パッシェンカーブの最下点となる距離の近傍位置に、半導体ウェハ W の裏面と対向するような面が形成されないよう

に、ガス流路 120 が構成されているので、これらの間に、不所望な放電が発生する可能性を低減することができる。

以上のような、半導体ウェハ W の裏面との距離の関係は、半導体ウェハ W を支持して昇降させるための基板支持部材、例えばピンについても 5 適用することができる。以下に本発明の第 5 の実施形態を示す。

すなわち、図 14 に示すように、下部電極 4 内には、半導体ウェハ W を支持して昇降させるための基板支持部材として、例えばピン 4b が複数（通常 3 本程度）設けられている。そして、このピン 4b を下部電極 4 上に突出させることにより、半導体ウェハ W を下部電極 4 の上方に支持できるようになっている。 10

図 15 に示すように、各ピン 4b は、その下端部がエッティングチャ 15 バー 1 の外部で上下動プレート 61 の各支持部 62 に固着されており、この上下動プレート 61 は例えばパルスモータなどの駆動機構 63 によって上下動自在になるように構成されている。したがってこの駆動機構 63 を作動させて上記上下動プレート 61 を上下動させると、それに伴って上記各ピン 4b が上昇、下降し、これらの各ピン 4b の上端面は、静電チャック 8 の表面から突出したり、伝熱媒体流路 59 内に納まつたりするようになっている。尚、この駆動機構 63 としてエアシリンダ等を用いてもよい。

上記上下動プレート 61 の各支持部 62 と、上記エッティングチャ 20 バー 1 の底部外側面との間には、ベローズ 64 がそれぞれ設けられており、これら各ベローズ 64 によって、上記各ピン 4b の上下動経路となる上記伝熱媒体流路 59 は、大気に対して気密構造となっている。上記伝熱媒体流路 59 は、エッティングチャバー 1 の外部から絶縁板 6、下部電極 4 内を通じて導入されているガス供給管 65 と通じており、流量制御機構を備えた別設のガス供給装置 66 によって、例えば He ガス 25

をこのガス供給管 6 5 内に流すと、当該 H e ガスには、前出冷却冷媒の冷熱が下部電極 4 を介して熱伝導される。そしてそのようにして冷却された H e ガスは、上記伝熱媒体流路 5 9 を通じて上記静電チャック 8 の表面にまで達し、その結果半導体ウエハ W を所定温度、例えば 1 5 0 ℃ 5 ～ - 5 0 ℃までの任意の温度に調整できる構成となっている。

上記のようなピン 4 b と、半導体ウエハ W の裏面との間においても、放電が発生する可能性があるため、あるエッチング条件のもとで、ピン 4 b の頂部と半導体ウエハ W の裏面との距離 d 3 も、上述したと同様な距離 (1 mm 以下 (例えば約 1 0 0  $\mu$ m) 、又は 1 0 mm 以上 (例えば 10 約 2 5 mm) ) とすることが好ましい。

なお、上記のようなパッシエンカーブは、ガス圧やガス種によって変化するので、冷却ガスの種類やガス圧によって、適宜選択する必要があり、ピン 4 b の頂部と半導体ウエハ W の裏面との電位差が、パッシエンカーブで求められる放電開始電圧より十分低くなるような条件を選択する必要がある。

このように、ピン 4 b の頂部と、半導体ウエハ W の裏面との距離 d 3 を、パッシエンカーブの最下点近傍とならないようにすることによって、半導体ウエハ W の裏面とピン 4 b との間で異常放電が発生することを防止することができる。そして、かかる半導体ウエハ W の裏面側の異常放電を防止することによって、半導体ウエハ W の表面側で生じる表面アーキングの発生も防止することができる。

また、図 1 5 では、制御部 7 1 が高周波電源 3 2 や駆動機構 6 3 、流量制御機構を備えたガス供給装置 6 6 と電気的に繋がれている。制御部 7 1 は、パッシエンカーブに基づいて、半導体ウエハ W の表面電位、半導体ウエハ裏面とピン 4 b との間の距離及び圧力のうちの少なくともいずれか一つを制御して、半導体ウエハ W の裏面側の異常放電を防止する

ことができる。

なお、半導体ウエハW表面の電位は、印加する高周波電力に対応して決まる関係なので、高周波電源32を制御することにより、半導体ウエハW表面の電位、すなわち、半導体ウエハWの裏面とピン4bの頂部との間の電位差を制御することができる。  
5

また、図15の例では、ピン4bが挿通されている箇所は、伝熱媒体流路59であるが、伝熱媒体流路59とは異なる、ピン4bを上下動させるためのみに使用する孔部であってもよい。この場合、伝熱媒体流路59からのHeガスは静電チャック8上の溝を通り、ピン4bを上下動させるためにのみ使用する孔部に伝わる。従って、半導体ウエハ裏面とピン4bとの間の圧力は、実質的に伝熱媒体流路59における圧力と等しくなる。  
10

ところで、静電チャック用電極8bと直流電源30との接続部は、図16に示すように、下部電極4に形成された透孔50に、HVピン51を挿入してその先端部に設けられた導電部52を静電チャック用電極8bに接触させるよう構成されている。また、HVピン51の周囲を囲むように設けられた絶縁材は、絶縁材53aと、絶縁材53bの2つに分割されており、これらの間に接着剤が充填される空隙54が形成されるようになっている。そして、先端側の絶縁材53aは、エポキシ系の接着剤55で載置台2及びHVピン51に固定されており、後端側の絶縁材53bは、シリコン系の接着剤56で載置台2及びHVピン51に固定されている。  
15  
20

このように、2種類の接着剤を使用することにより、接着力の強いエポキシ系の接着剤55でHVピン51を確実に固定することができるとともに、シリコン系の接着剤56で確実に真空封止を行うことができる構成となっている。また、空隙54内にシリコン系の接着剤56が充填  
25

されることによって、さらに確実に真空封止を行うことができる構成となっている。

次に、図17、18を参照して、本発明の第6の実施形態に係るプラズマエッチング装置の構成について説明する。

5 図17、18は、本発明の第6の実施形態に係るプラズマエッチング装置のフォーカスリング9付近の要部の構成を模式的に示すものである。

図17はフォーカスリング9の要部を拡大して示す縦断面図であり、図18はフォーカスリング9の全体を示す平面図である。

10 同図に示すように、フォーカスリング9は、上面がプラズマ側に向く様に設けられた上側リング9aと、この上側リング9aの下部の内側に設けられた内側リング9bと、内側リング9bの外側に設けられた外側リング9cの3つのリング状部材から構成されている。

15 また、上記の3つのリング状部材のうち、上側リング9aと、内側リング9bは、シリコン、炭化ケイ素、二酸化ケイ素等から構成されており、残りの外側リング9cは、絶縁性の部材、例えば、石英等から構成されている。

20 そして、外側リング9cの上面の高さが、内側リング9bの上面の高さより僅かに高くなるようにその寸法が設定されており、これによって、外側リング9cの上に上側リング9a載置した際に、上側リング9aの下面と、内側リング9bの上面との間に僅かな間隙（例えば0.025mm～0.075mm程度の間隙）が形成されるよう構成されている。これは、上側リング9aと内側リング9bが接触して同電位にならないようにするためである。

25 上記構成のフォーカスリング9は、アルミニウム等からなる下部電極4の周縁部、及び、その周囲に設けられた絶縁部材10上に載置されるように設けられている。

上記構成のフォーカスリング9を具備したプラズマエッチング装置では、エッチングの際に、プラズマの作用等によって、半導体ウェハW及びフォーカスリング9に電荷が蓄積して電位差を生じるが、上述したとおり、本実施の形態におけるフォーカスリング9は、上側リング9aと、  
5 内側リング9bと、外側リング9cの3つのリング状部材から構成されている。

したがって、フォーカスリングが一体的に構成されたものに比べて、絶縁性の部材からなる外側リング9cを挿入したことによりフォーカスリング全体としてのインピーダンスが増加する。

10 また、上側リング9aと内側リング9bの電位差( $V_{tb}$ )は、前記した上側リング9aと半導体ウェハWとの電位差( $V_{tw}$ )より大きく、さらにまた、上側リング9aと半導体ウェハWとのギャップ長( $d_{tw}$ )と、上側リング9aと内側リング9bとのギャップ長( $d_{td}$ )とを比較すると、 $d_{td} \ll d_{tw}$ となるように構成されている。このため、放電が発生する場合も、上側リング9aと半導体ウェハWとの間では発生せず、上側リング9aと内側リング9bの間において確実に発生する。  
15

つまり、上側リング9aと内側リング9bの間において確実に放電が発生するようになっているので、上側リング9aと半導体ウェハWとの間で放電(表面アーキング)が発生することを確実に防止できるようになっている。  
20

上記半導体ウェハWとして、表面に、下地層(絶縁層)と、この下地層上に形成されたメタル層と、このメタル層の上に絶縁層であるシリコン酸化膜層が形成された半導体ウェハWを使用し、エッチングガスとして、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>(流量10sccm)、CO(流量50sccm)、Ar(流量200sccm)、O<sub>2</sub>(流量5sccm)の混合ガスを使用し、圧力5.99Pa(45mTorr)、高周波電力1500Wの条件で、上記半導体ウェハ

Wのシリコン酸化膜層をエッティングし、コンタクトホールを形成するエッティング工程を行った。

上記エッティングにおいて、半導体ウェハW、上側リング9a、内側リング9bの電位を夫々測定したところ、半導体ウェハWの電位が-395.7V、上側リング9aの電位が-393V、内側リング9bの電位が-414Vであった。

このエッティングにおいて、表面アーキングは、全く生じることがなかった。

以上の結果から明らかなどおり、本実施形態においては、フォーカスリング9を、上側リング9aと、内側リング9bと、外側リング9cの3つのリング状部材から構成することによって、表面アーキングの発生を防止することができた。

すなわち、本実施形態では、前述した電位制御用直流電源33を用いることなく、フォーカスリング9の電位を、表面アーキングの発生し難い電位に制御することができる。

なお、上記実施形態では、フォーカスリング9を、上側リング9aと、内側リング9bと、外側リング9cの3つのリング状部材から構成したが、フォーカスリングは最低2つに分割されていればよく、例えば、上側リング9aと、内側リング9bに相当する2つのリング状部材から構成することもできる。また、内側リング9bと、外側リング9cの構成を入れ替えて、外側に導電性のリング状部材、内側に絶縁性のリング状部材を配置することも可能である。

なお、上記実施形態では、本発明をダイポール型のマグнетロンプラズマエッティング装置に適用した場合について説明したが、他のタイプの25 プラズマ処理は勿論、プラズマ成膜装置、プラズマスパッタ装置、プラズマアッティング装置等のプラズマエッティング装置以外のプラズマ装置に

対しても、同様に適用することができる。

### 産業上の利用可能性

本発明に係るプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法は、半導体装置  
5 の製造を行う半導体製造産業等において使用することが可能である。し  
たがって、本発明は産業上の利用可能性を有する。

## 請 求 の 範 囲

1. 内部でプラズマを発生させる処理チャンバーと、  
前記処理チャンバー内に設けられ、被処理基板が載置されるサセプタ  
5 と、  
前記サセプタの内部に昇降自在に配置され、前記被処理基板を前記サ  
セプタの上方に支持する基板支持部材と、  
前記基板支持部材の頂部と前記被処理基板の裏面との間の圧力と距離、  
及び前記被処理基板表面の電圧のうちの少なくともいずれか一つを制御  
10 して、異常放電の発生を防止する制御部と、  
を有することを特徴とするプラズマ処理装置。
2. 請求項1記載のプラズマ処理装置において、  
前記サセプタの周囲に前記被処理基板の回りを囲むように配置された  
フォーカスリングと、  
15 前記プラズマによる前記被処理基板のプラズマ処理中に、前記フォー  
カスリングの電位を制御する直流電圧印加装置と、  
を有することを特徴とするプラズマ処理装置。
3. 請求項2記載のプラズマ処理装置において、  
前記直流電圧印加装置は、前記サセプタを介して前記フォーカスリン  
20 グに直流電圧を印加することを特徴とするプラズマ処理装置。
4. 請求項2記載のプラズマ処理装置において、  
前記フォーカスリングは、シリコン、炭化珪素、二酸化珪素のいずれ  
かから構成されることを特徴とするプラズマ処理装置。
5. 請求項1記載のプラズマ処理装置において、  
25 前記サセプタに、前記被処理基板表面の電位に応じた直流電圧を印加  
する直流電圧印加装置を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

6. 請求項 5 記載のプラズマ処理装置において、

前記処理チャンバー内の電極に印加する高周波電力値と、前記高周波電力を印加した際の前記被処理基板表面の電位との関係に関するテーブルデータを有し、前記テーブルデータに基づいて、前記被処理基板表面の電位に応じた直流電圧を印加することを特徴とするプラズマ処理装置。

7. 請求項 6 記載のプラズマ処理装置において、

前記サセプタと接地電位との間を抵抗を介して接続し、前記サセプタに印加した直流電圧に起因する直流電流をグランドに流すことを特徴とするプラズマ処理装置。

10 8. 請求項 1 記載のプラズマ処理装置において、

前記サセプタの内部に形成され、前記サセプタの載置面に冷却用ガスを供給するためのガス溜め部を有し、

前記制御部は、前記処理チャンバー内の電極に印加する高周波電力による電圧と、前記ガス溜め部の底部と前記被処理基板の裏面との間の圧力のうち少なくともいずれか一つを制御して、異常放電の発生を防止することを特徴とするプラズマ処理装置。

9. 請求項 8 記載のプラズマ処理装置において、

前記ガス溜め部の底部と、前記被処理基板の裏面との間の距離は、10 mm以上であることを特徴とするプラズマ処理装置。

20 10. 請求項 1 記載のプラズマ処理装置において、

前記サセプタの内部に形成され、冷媒を循環させるための冷媒流路と、前記サセプタの内部であって前記冷媒流路より下側に形成されたガス溜め部と、前記ガス溜め部から前記サセプタの載置面に冷却ガスを供給するためのガス供給用細孔部と、前記ガス溜め部に冷却用ガスを導入するためのガス導入部とを有する冷却用ガス流路と、  
を有することを特徴とするプラズマ処理装置。

11. 請求項 10 記載のプラズマ処理装置において、

前記サセプタの載置面に、前記ガス供給用細孔部に対応して冷却用ガスを拡散させるための複数の細溝が設けられていることを特徴とするプラズマ処理装置。

5 12. 請求項 11 記載のプラズマ処理装置において、

前記細溝の深さは、1 mm以下であることを特徴とするプラズマ処理装置。

13. 内部でプラズマを発生させる処理チャンバーと、

前記処理チャンバー内に設けられ、被処理基板が載置されるサセプタ  
10 と、

前記サセプタの周囲に、前記被処理基板の回りを囲むように配置されたフォーカスリングと、

前記プラズマによる前記被処理基板のプラズマ処理中に、前記フォーカスリングの電位を制御する直流電圧印加装置と  
15 を具備したことを特徴とするプラズマ処理装置。

14. 請求項 13 記載のプラズマ処理装置において、

前記直流電圧印加装置が、前記サセプタを介して前記フォーカスリングに直流電圧を印加することを特徴とするプラズマ処理装置。

15. 請求項 13 記載のプラズマ処理装置において、

20 前記フォーカスリングが、シリコン、炭化ケイ素、二酸化ケイ素のいずれかから構成されたことを特徴とするプラズマ処理装置。

16. 内部でプラズマを発生させる処理チャンバーと、

前記処理チャンバー内に設けられ、被処理基板が載置されるサセプタ  
と、

25 前記サセプタに、前記被処理基板表面の電位に応じた直流電圧を印加する直流電圧印加装置と

を具備したことを特徴とするプラズマ処理装置。

17. 請求項 16 記載のプラズマ処理装置において、

前記処理チャンバー内の電極に印加する高周波電力値と、前記高周波電力を印加した際の前記被処理基板表面の電位との関係に関するテーブルデータを有し、前記テーブルデータに基づいて、前記被処理基板表面の電位に応じた直流電圧を印加することを特徴とするプラズマ処理装置。

18. 請求項 16 記載のプラズマ処理装置において、

前記サセプタと接地電位との間を抵抗を介して接続し、前記サセプタに印加した直流電圧に起因する直流電流をグランドに流すことを特徴とするプラズマ処理装置。

19. 被処理基板を収容してプラズマ処理するための処理チャンバーと、前記処理チャンバー内に設けられ、前記被処理基板が載置される電極を兼ねたサセプタと、

前記サセプタの内部に形成され、冷媒を循環させるための冷媒流路と、前記サセプタの内部であって前記冷媒流路より下側に形成されたガス溜め部と、前記ガス溜め部から前記サセプタの載置面に冷却用ガスを供給するためのガス供給用細孔部と、前記ガス溜め部に冷却用ガスを導入するためのガス導入部を有する冷却用ガス流路と

を具備したことを特徴とするプラズマ処理装置。

20. 請求項 19 記載のプラズマ処理装置において、

前記サセプタの載置面に、前記ガス供給用細孔部に対応して冷却用ガスを拡散させるための複数の細溝が設けられていることを特徴とするプラズマ処理装置。

21. 請求項 20 記載のプラズマ処理装置において、

前記細溝の深さが 1 mm 以下とされていることを特徴とするプラズマ処理装置。

## 2.2. 請求項 19 記載のプラズマ処理装置において、

前記サセプタの載置面と前記ガス溜め部の底部との間が、10mm以上離間するよう構成されていることを特徴とするプラズマ処理装置。

## 2.3. 内部でプラズマを発生させる処理チャンバーと、

5 前記処理チャンバー内に設けられ、被処理基板が載置されるサセプタと、

前記サセプタの周囲に、前記被処理基板の回りを囲むように配置されたフォーカスリングとを具備したプラズマ処理装置において、

10 前記フォーカスリングが、少なくとも、前記プラズマ側に露出面を有する第1のリング部材と、

前記第1のリング部材と微少間隔を設け、かつ、前記第1のリング部材より前記プラズマから離間された位置に設けられた第2のリング部材と

を具備したことを特徴とするプラズマ処理装置。

15 2.4. 請求項 23 記載のプラズマ処理装置において、

前記第1のリング部材が載置される第3のリング部材であって、前記第1のリング部材とその下方に配設された前記第2のリング部材との間に微少間隔を維持するよう構成された第3のリング部材を具備したことを特徴とするプラズマ処理装置。

20 2.5. 請求項 24 記載のプラズマ処理装置において、

前記第3のリング部材が、前記第2のリング部材の外周側に設けられたことを特徴とするプラズマ処理装置。

## 2.6. 請求項 23 記載のプラズマ処理装置において、

前記第1のリング部材と前記第2のリング部材が、導電性部材から構成されたことを特徴とするプラズマ処理装置。

## 2.7. 請求項 24 記載のプラズマ処理装置において、

前記第3のリング部材が、絶縁性部材から構成されたことを特徴とするプラズマ処理装置。

28. 処理チャンバー内でプラズマを発生させ、前記処理チャンバー内に設けられたサセプタに載置された被処理基板をプラズマ処理するプラズマ処理方法において、

前記サセプタの内部に昇降自在に配置され、前記被処理基板を前記サセプタの上方に支持する基板支持部材の頂部と、前記被処理基板の裏面との間の圧力と距離、及び前記被処理基板表面の電圧のうちの少なくともいずれか一つを制御して、異常放電の発生を防止することを特徴とするプラズマ処理方法。

FIG. 1

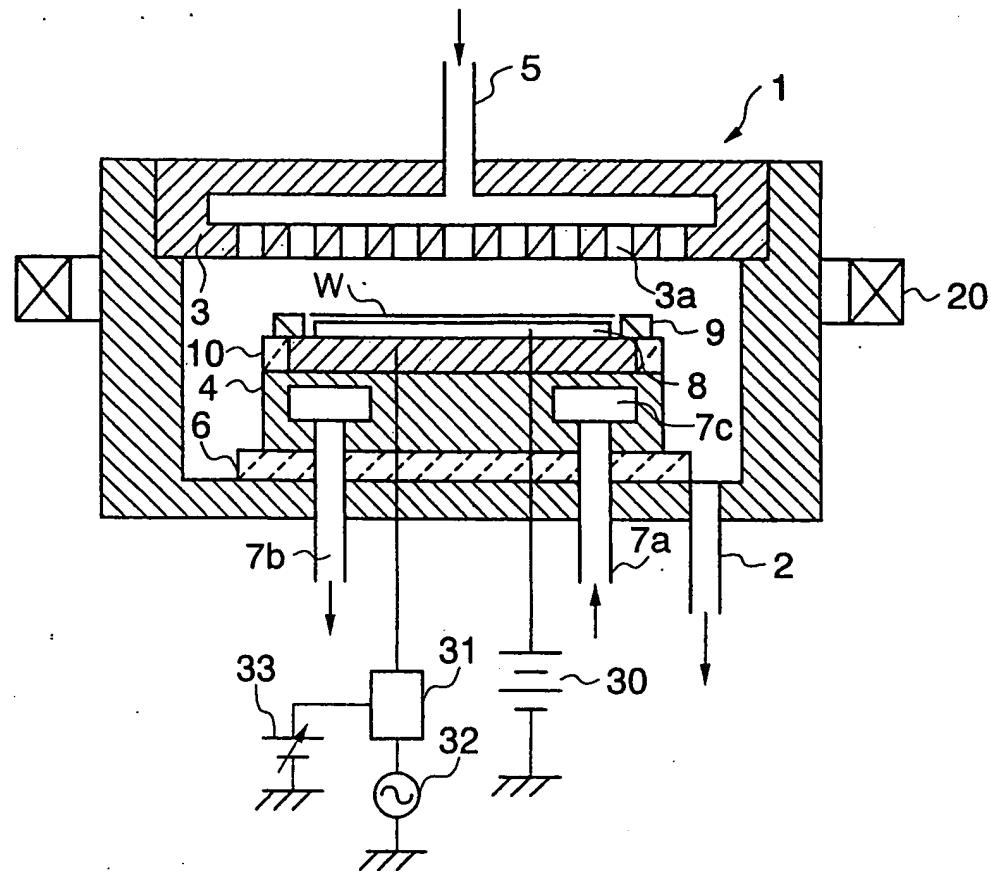


FIG. 2

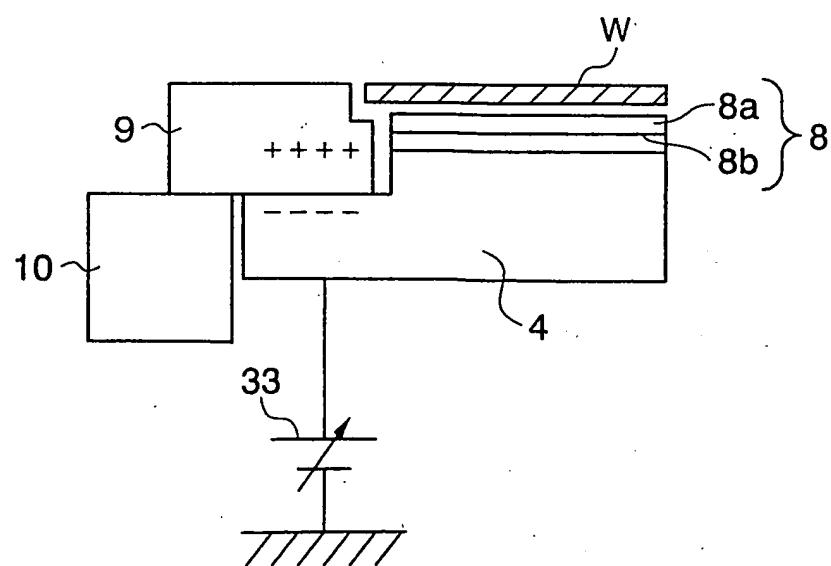


FIG. 3

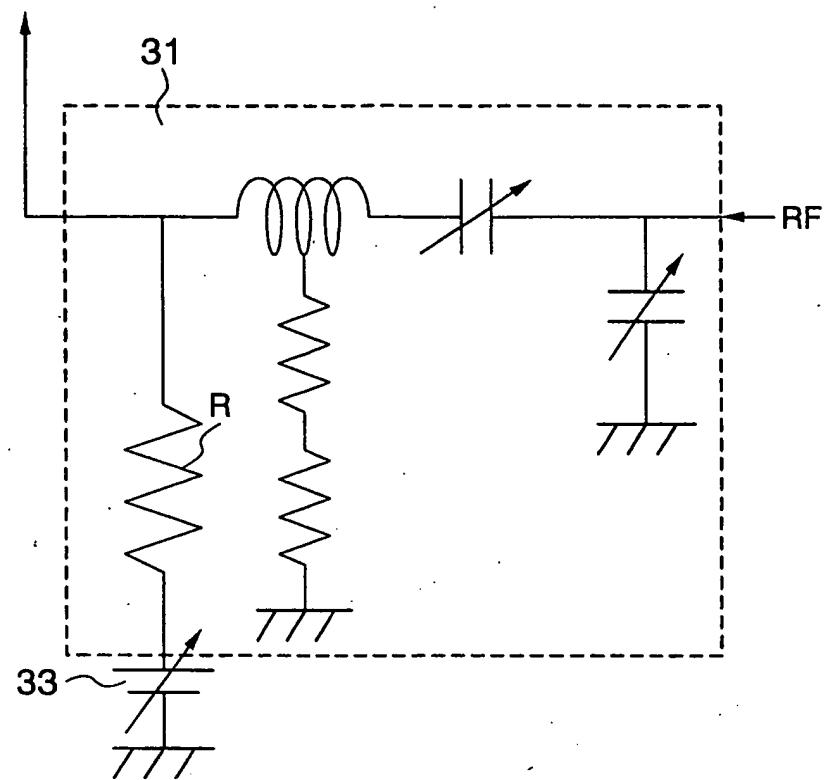


FIG. 4

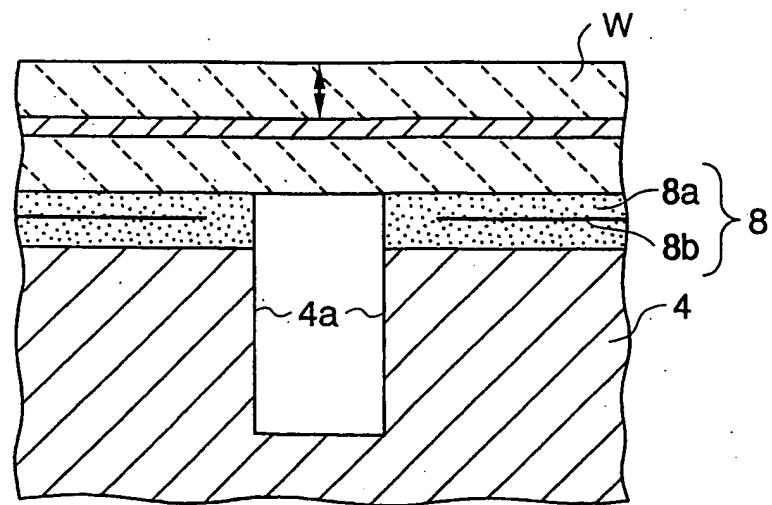


FIG. 5

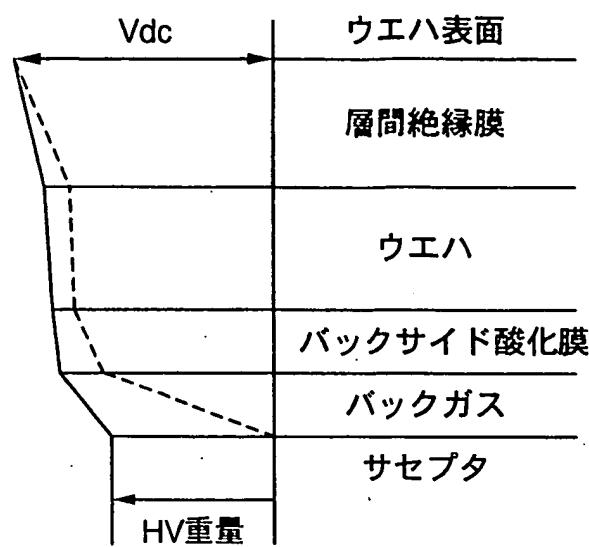


FIG. 6

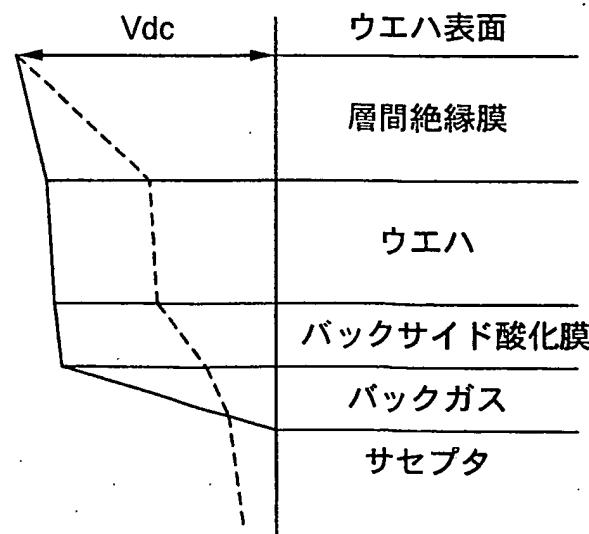


FIG. 7

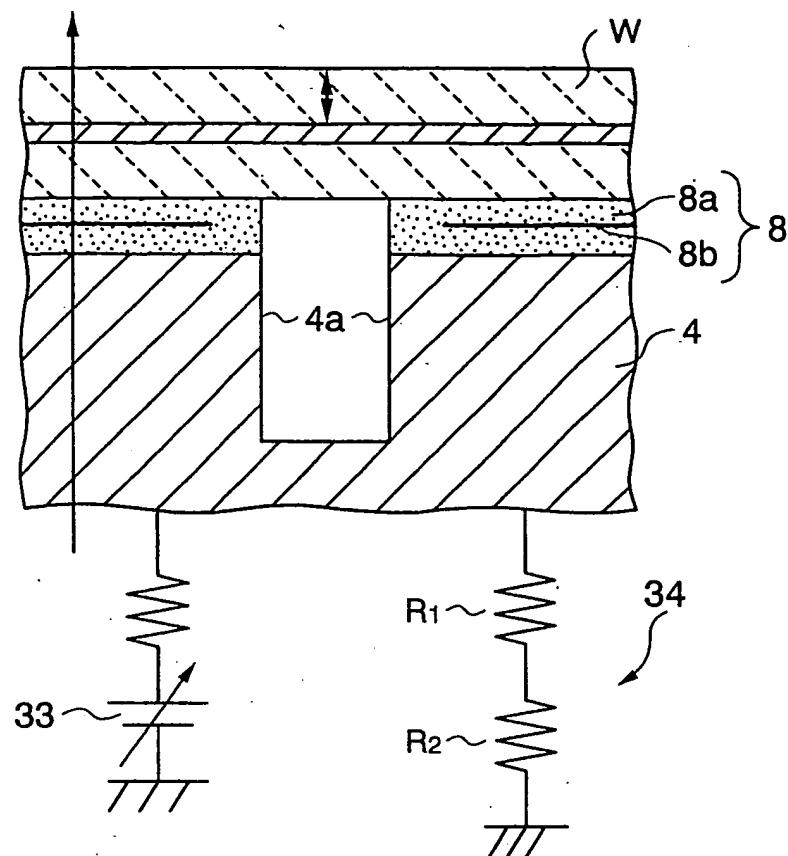
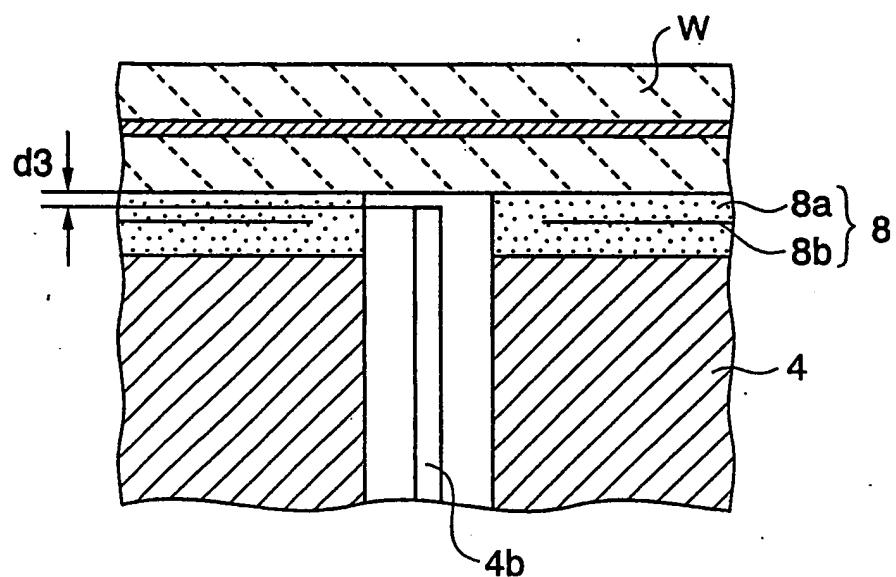


FIG. 8

	0V	100V	200V	300V	400V	500V	600V	700V	800V	900V	1000V
800W	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1000W	6	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1200W	15	103	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1500W	25	110	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1700W	60	119	204	304	400	500	600	700	800	900	1000
2000W	117	129	213	306	400	500	600	700	800	900	1000
2350W	156	169	227	313	403	500	600	700	800	900	1000

FIG. 14



**FIG. 15**

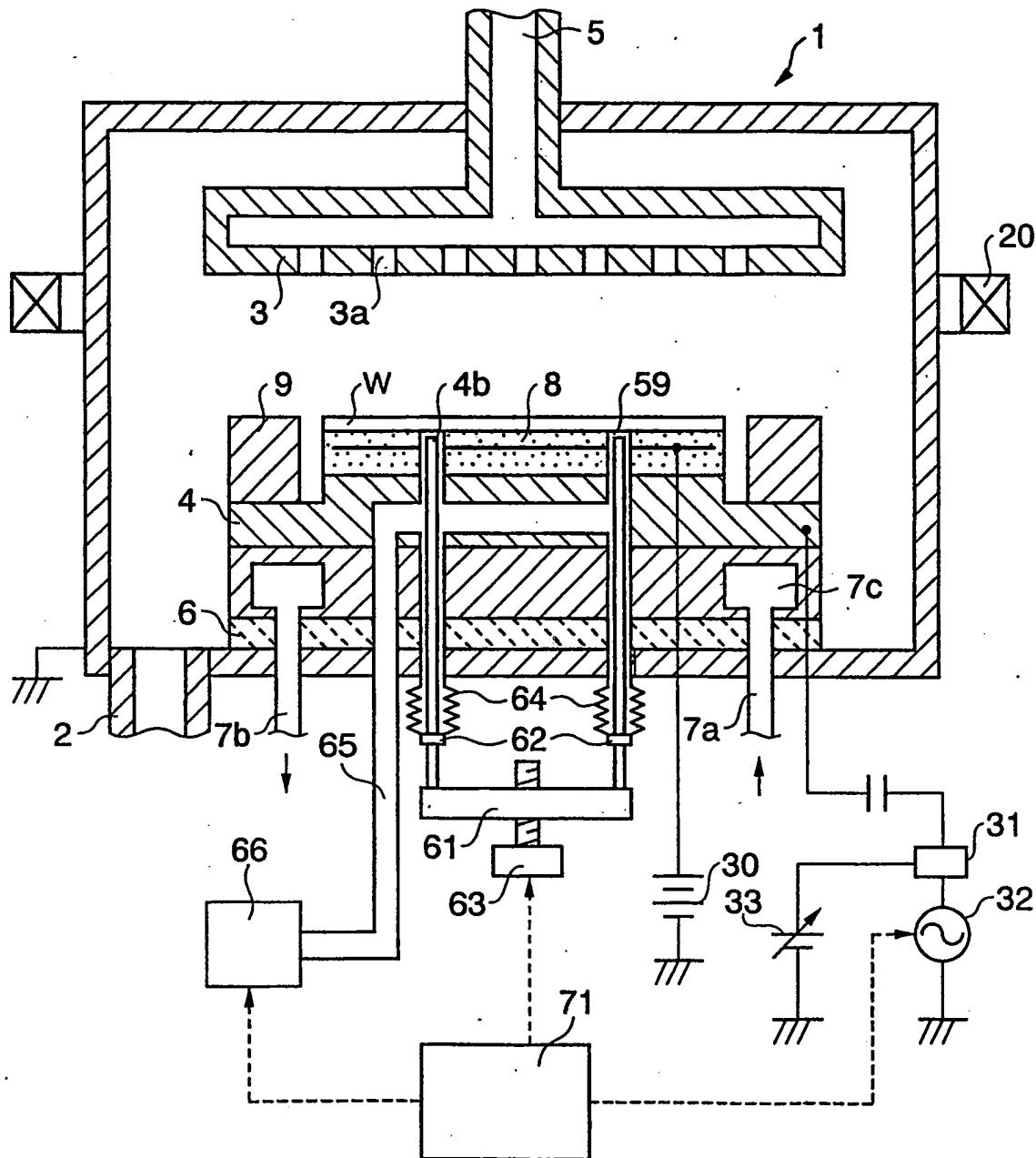


FIG.16

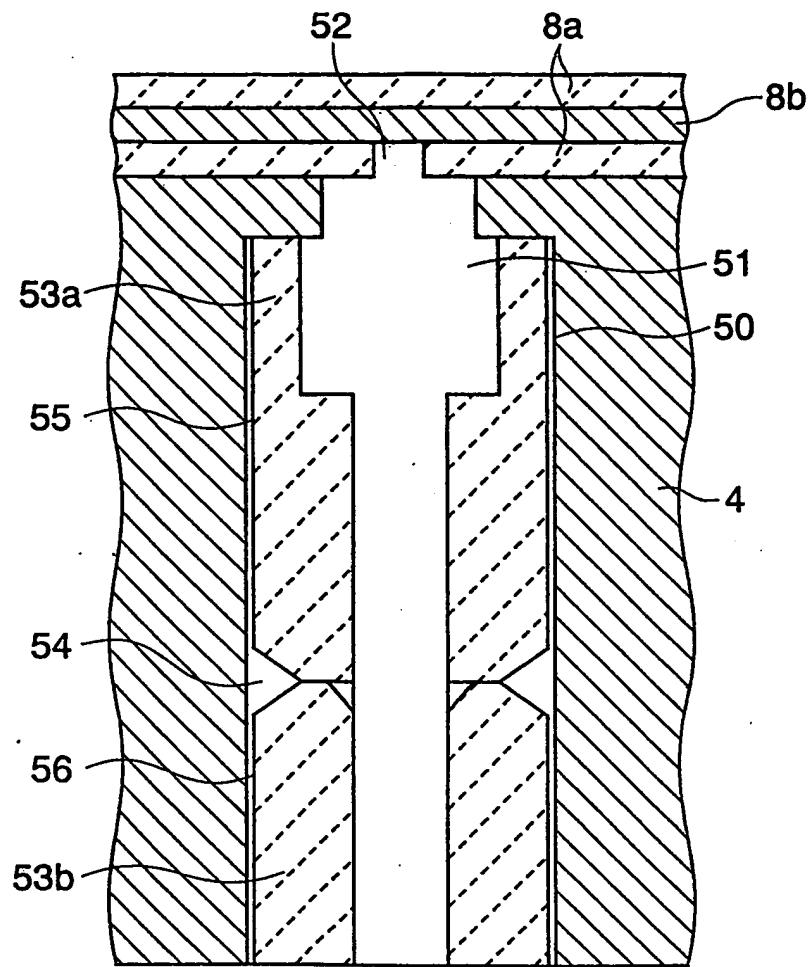


FIG.17

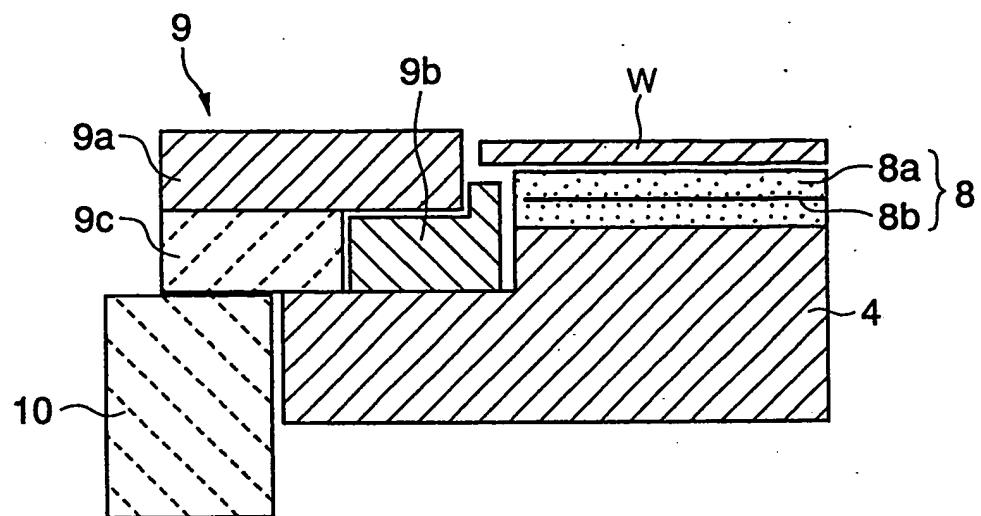


FIG.18

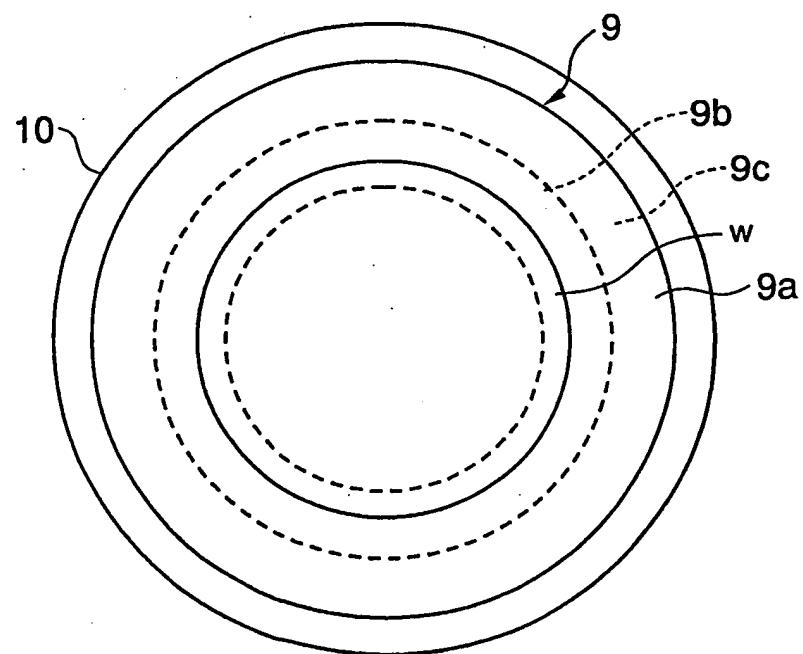
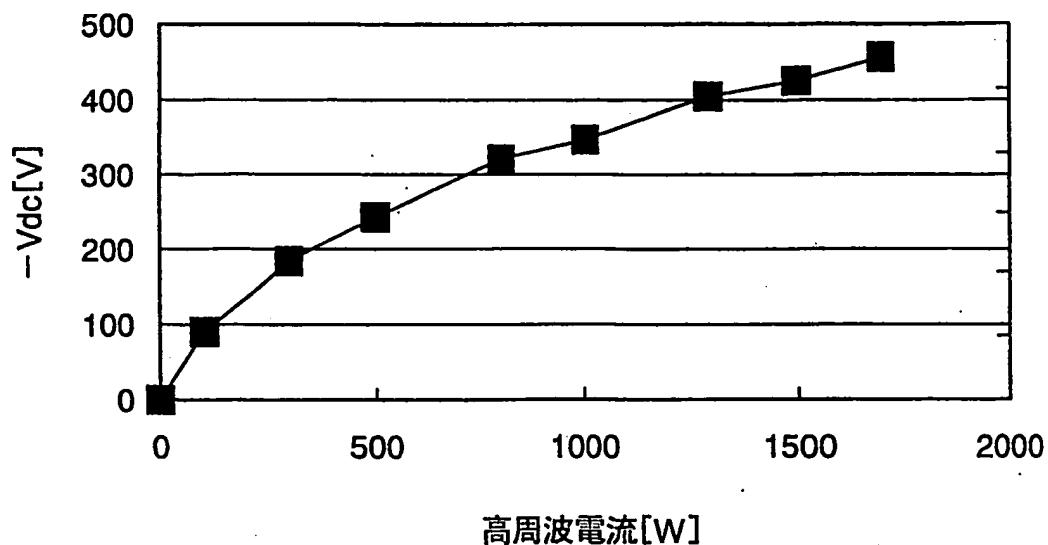


FIG. 9



高周波電流[W]

FIG. 10

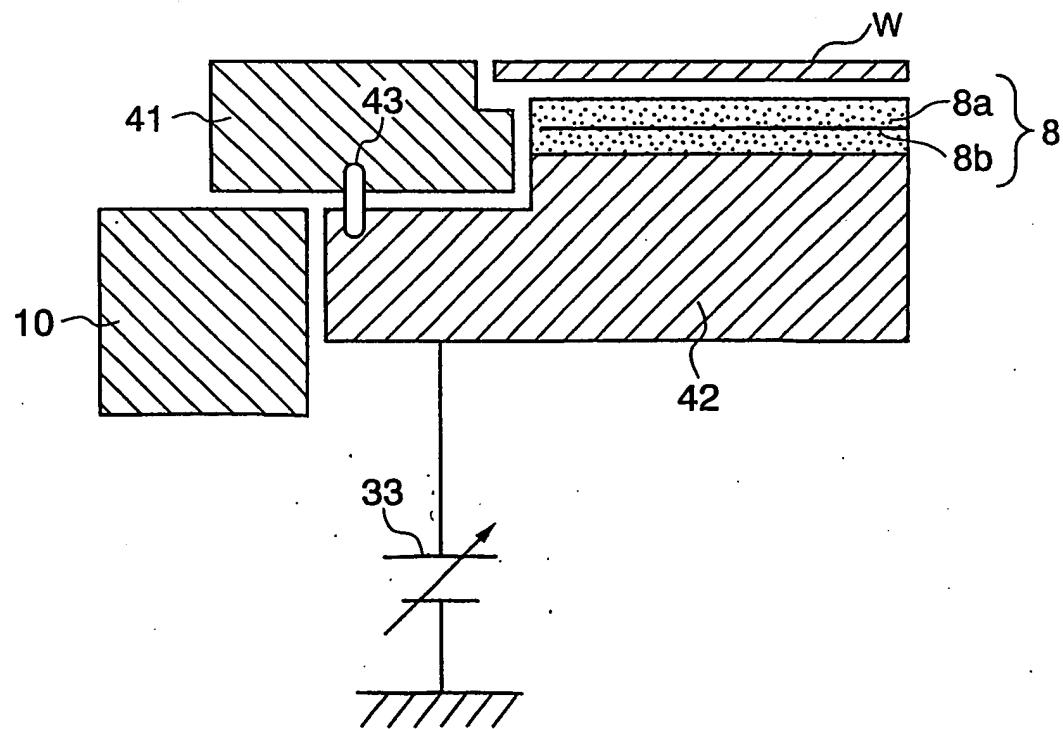
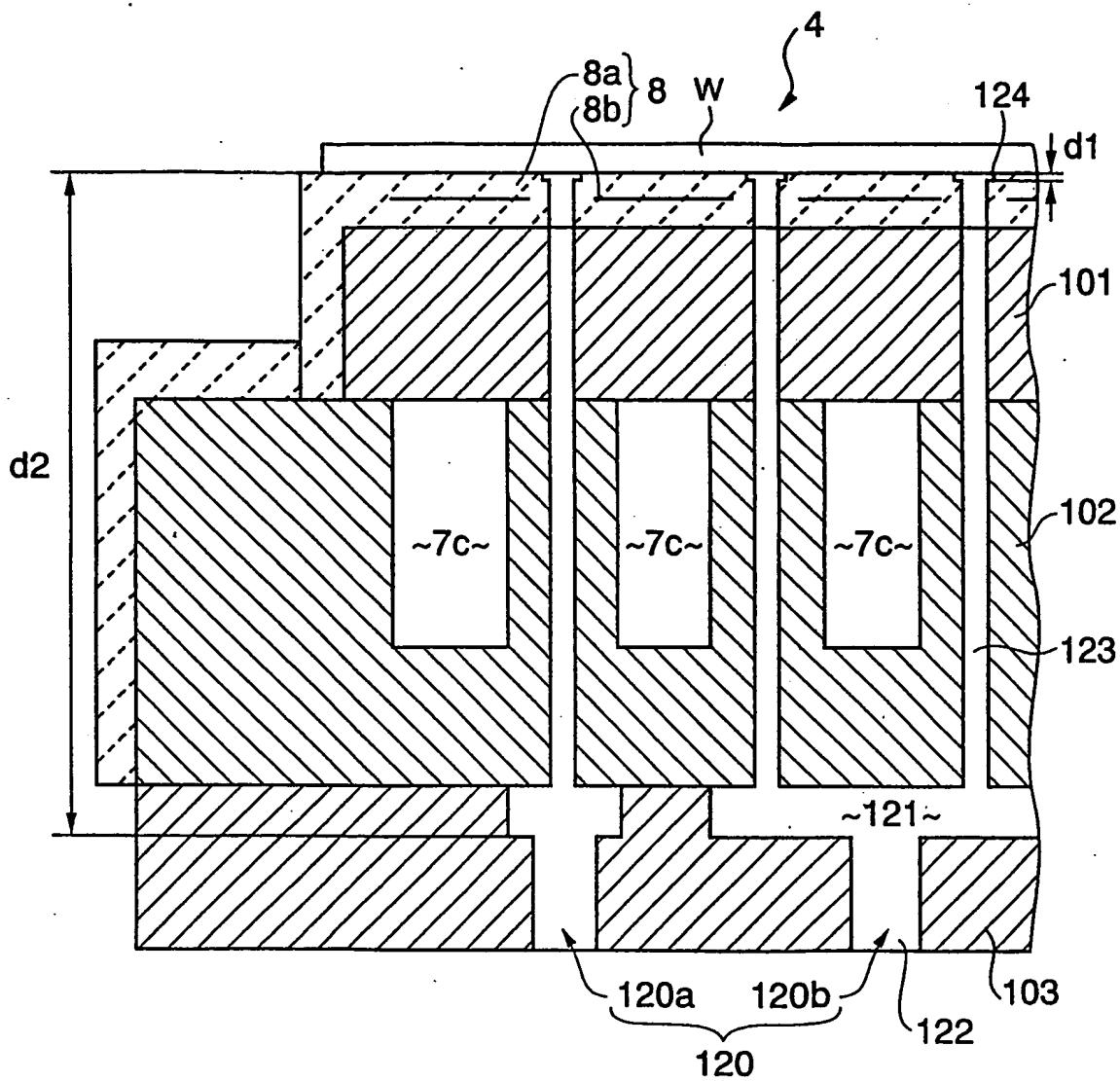


FIG.11



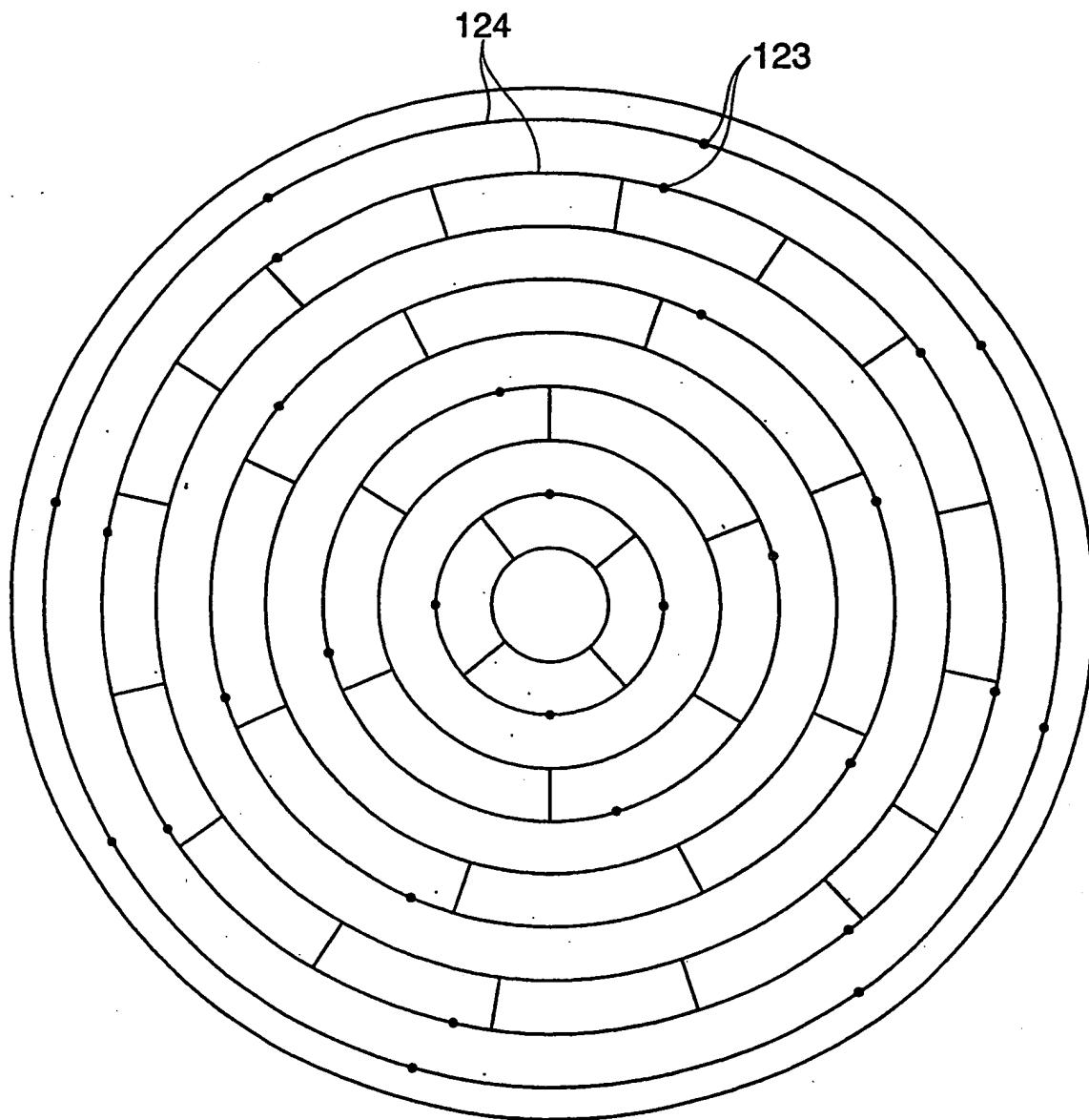
**FIG.12**

FIG.13

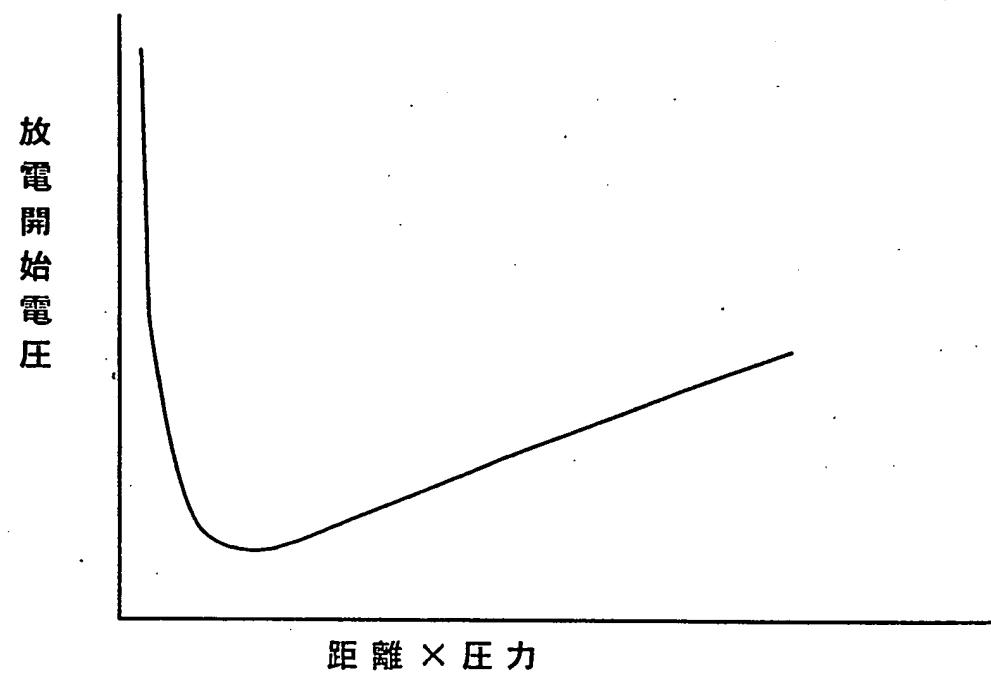


FIG.19

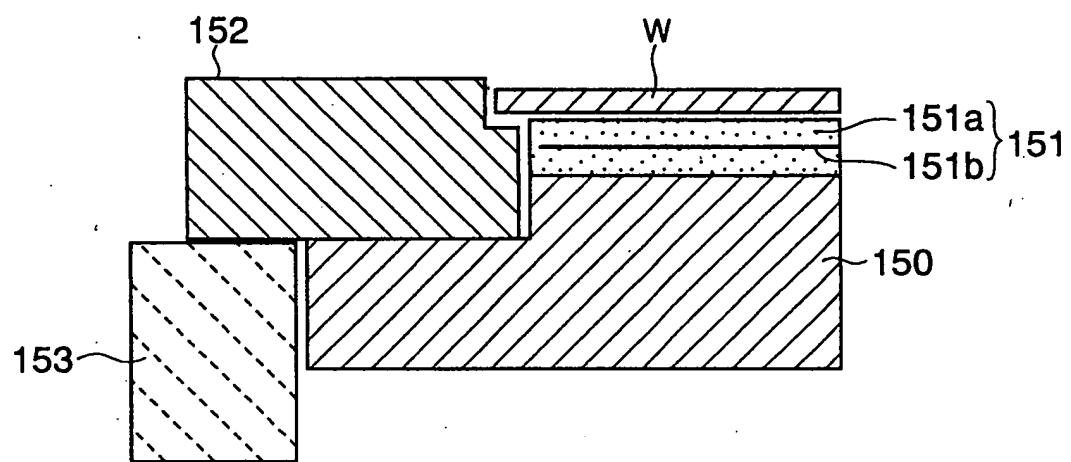
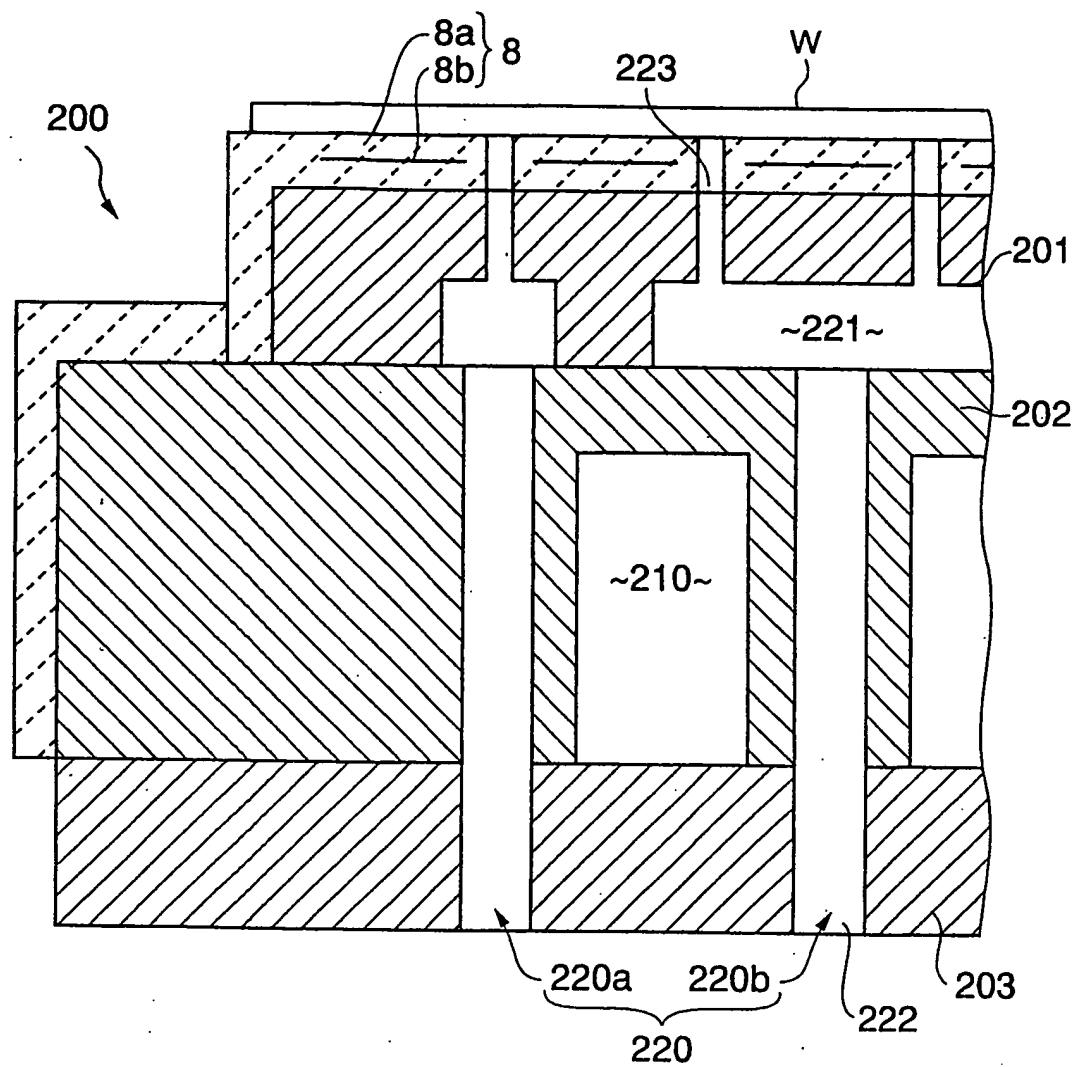


FIG.20



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/06665

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/3065

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/3065, H01J37/34

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 11-135483 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 21 May, 1999 (21.05.99), Par. Nos. [0012] to [0026] (Family: none)	1, 8, 10-12, 16, 19-21, 28
X, Y	JP 07-254588 A (Toshiba Corp.), 03 October, 1995 (03.10.95), Par. Nos. [0014] to [0070] (Family: none)	2, 3, 4-7, 13-15, 17
Y	JP 2000-164583 A (Hitachi, Ltd.), 16 June, 2000 (16.06.00), Par. Nos. [0068] to [0092] & TW 439144 B	4-7, 13-15, 17

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

- \* Special categories of cited documents:
- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
26 September, 2002 (26.09.02)Date of mailing of the international search report  
08 October, 2002 (08.10.02)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
<u>Y,A</u>	JP 08-254509 A (Hitachi, Ltd.), 11 October, 1996 (11.10.96), Par. Nos. [0011] to [0025] (Family: none)	<u>7,18,9,22</u>
X	US 5556500 A (Tokyo Electron Ltd.), 17 September, 1996 (17.09.96), Column 2, line 27 to column 12, line 27 & JP 07-245292 A	23
<u>X,A</u>	US 5552124 A (Applied Materials Inc.), 03 September, 1996 (03.09.96), Full text & JP 08-102461 A	<u>24-26,27</u>

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int.Cl' H01L21/3065

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl' H01L21/3065

Int.Cl' H01J37/34

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2002年

日本国登録実用新案公報 1994-2002年

日本国実用新案登録公報 1996-2002年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 11-135483 A (松下電器産業株式会社), 1999.05.21, 第12~26段落 (ファミリーなし)	1, 8, 10-12, 1 6, 19-21, 28
X, Y	J P 07-254588 A (株式会社東芝), 1995.10.03, 第14~70段落, (ファミリーなし)	2, 3, 4-7, 13-15, 17
Y	J P 2000-164583 A (株式会社日立製作所) 2000.06.16, 第68~92段落 &TW 439144 B	4-7, 13-15, 17
Y, A	J P 08-254509 A (株式会社日立製作所) 1996.10.11, 第11~25段落 (ファミリーなし)	7, 18, 9, 22

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 26.09.02	国際調査報告の発送日 08.10.02
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 今井 淳一 (印) 4R 9055 電話番号 03-3581-1101 内線 6376

## C (続き) 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	US 5556500 A (Tokyo Electron Ltd.), 1996.09.17, 第2欄第27行～第12欄第27行 & JP 07-245292 A	23
X, A	US 5552124 A (Applied Materials INC.), 1996.09.03, 全文 & JP 08-102461 A	24-26, <u>27</u>